

Studies over energieverbruik en energiebesparing bij ruimteverwarming

Door verschillende werkgroepen worden thans oriënterende studies verricht over de mogelijkheden van energiebesparende maatregelen bij de ruimteverwarming in gebouwen. Ir. Euser, medewerker van de Technisch Fysische Dienst TNO-TH, bespreekt enige werkzaamheden die door de TPD in het kader van de bedoelde studies worden verricht. Over het energieverbruik in een zeker flatgebouw worden enige getalwaarden genoemd, met name over het verschil in energieverbruik bij enkel en dubbel glas. Verder wordt ingegaan op een nieuwe berekeningsmethode met behulp waarvan het effect van de verschillende in aanmerking komende bouwkundige en klimaattechnische maatregelen nauwkeurig is na te gaan.

1. Inleiding

Verschillende studiegroepen zijn thans werkzaam om te trachten een beeld te krijgen over de mogelijkheden tot energiebesparing bij ruimteverwarming in gebouwen. Een door de Stichting Bouwresearch ingestelde werk-

groep is bezig de bestaande kennis op dit gebied bijeen te brengen, en gaat tevens na op welke deelgebieden onderzoek noodzakelijk is. De Stichting Toekomstbeeld der Techniek voert de Studie Energiebesparing uit, waarbij de ruimteverwarming een onderdeel is. Ook andere werkgroepen bestuderen dit onderwerp.

Aan de studies, die veelal nog slechts een oriënterend karakter hebben, nemen verschillende bedrijven, instellingen en instituten deel.

Fig. 1. Het in de tekst genoemde flatgebouw, waarvan de onderste vier woonlagen voorzien zijn van enkelglas en de overige woonlagen gedeeltelijk van dubbelglas. Percentage glas in de gevel: 63%.



De auteur is sedert 1953 werkzaam bij de Technisch Fysische Dienst TNO-TH te Delft. Hij behaalde in 1957 het diploma van natuurkundig ingenieur aan de Technische Hogeschool te Delft. In de periode 1968-1971 was hij als wetenschappelijk medewerker tevens verbonden aan de Leerstoel Klimaatregeling van de TH te Delft. Thans is hij hoofd van de afdeling Warmtetransport van genoemde Dienst.

In dit artikel worden enige werkzaamheden van de Technisch Fysische Dienst vermeld die in het kader van de genoemde studies worden verricht. Daar de resultaten eerst in de in voorbereiding zijnde rapporten of publikaties beschikbaar zullen komen, was voor dit artikel slechts enig voorhanden zijnd materiaal beschikbaar. Dit betreft o.a. enige praktijkwaarden over het verschil in energieverbruik bij enkel- en dubbelglas. Daarnaast zal worden besproken de opzet van een door ons ontwikkelde methode voor het berekenen van het momentane* energieverbruik in een gebouw, afhankelijk van de klimatologische condities en de gebouweigenschappen. Door middel van deze methode is het mogelijk voldoende nauwkeurige en zonodig omvangrijke berekeningen uit te voeren over het effect van de te overwegen energiebesparende maatregelen, zowel voor bepaalde gebouw- of woningtypen als (globaal) voor een bestand van woningen en gebouwen.

Belangwekkende gegevens uit buitenlandse onderzoeken over energiebesparing bij ruimteverwarming worden o.a. vermeld^{1,2,3}.

*betrekking hebbend op een relatief korte periode, bijv. één uur.

Een instructief overzicht van energiebesparende systemen bij de klimaatbeheersing in gebouwen werd gegeven in de 34e Vakantieleergang voor Warmtetechniek (1972) georganiseerd door het Centraal Technisch Instituut TNO⁴.

2. Over het verschil in energieverbruik bij enkel- en dubbelglas

Voor een zeker flatgebouw, dat is afgebeeld in figuur 1, kon het energieverbruik per woonlaag uit meetgegevens worden vastgesteld. Van de twaalf woonlagen die het gebouw telt, zijn de onderste vier lagen voorzien van enkelglas. De woningen van de overige lagen zijn gedeeltelijk voorzien van dubbelglas. Het percentage glas is 63 %. Uit de meetgegevens gemiddeld over een periode van vijf achtereenvolgende jaren bleek, voor de vergelijkbare woningen, het energieverbruik (gemeten aan de radiator) bij volledig dubbelglas 25 tot 30 % lager te liggen dan bij enkelglas. In figuur 2 is het per woonlaag gesommeerde energieverbruik grafisch weergegeven.

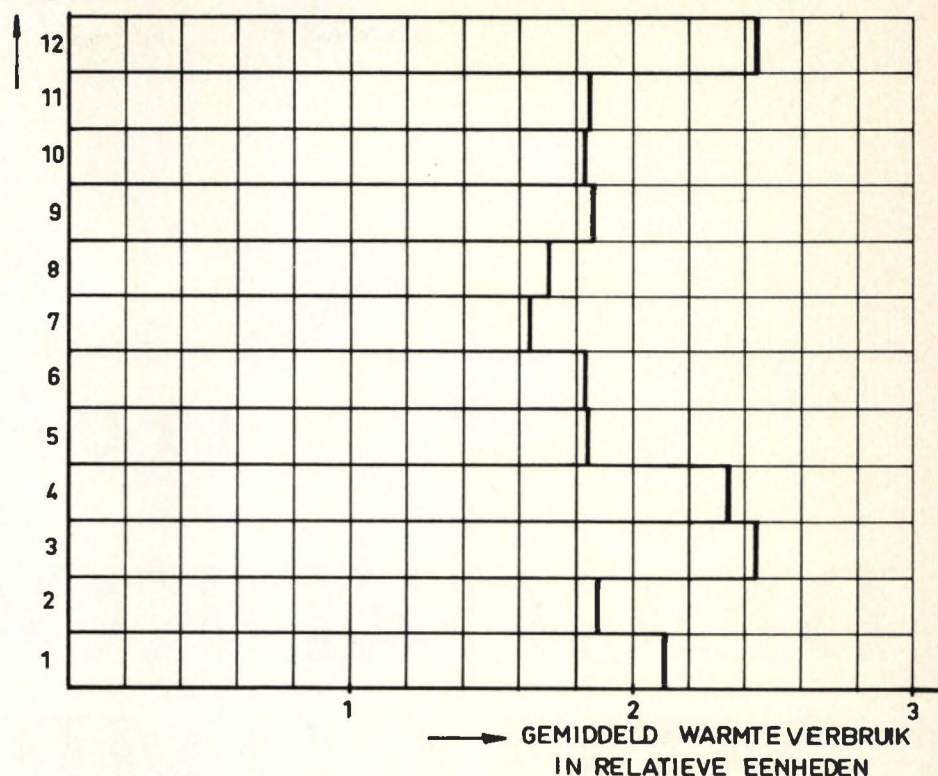
Andere factoren spelen bij het energieverbruik eveneens mee, zoals de hoogte van de woonlaag (windsnelheid), de wijze van bewoning, de mate van ventilatie, verschil in buitenomgrenzing (kopgevel, dakverdieping, begane grond). Sommige van deze invloeden komen in de grafiek duidelijk tot uitdrukking. De relatieve vermindering in energieverbruik bij dubbelglas kan voor andere gebouwen dan ook verschillen, en uitvoeriger en meer representatieve gegevens zijn nodig om betrouwbare verschilwaarden te kunnen opgeven. Nadere gegevens worden thans verzameld.

3. Ontwikkeling van een methode voor het berekenen van het momentane energieverbruik in gebouwen.

In afwijking van de gebruikelijke methoden, waarbij het energieverbruik geschat wordt op grond van de over een maand of seizoen gemiddelde transmissie- en ventilatieverliezen, wordt hier de warmtebalans van het gebouw in principe voor elk uur van de dag berekend voor werkelijke buitenomstandigheden.

De factoren die het energieverbruik bepalen kunnen volgens deze methode elk afzonderlijk worden nagegaan. Voor wat het gebouw betreft zijn deze factoren: de warmteweerstand en -capaciteit van de wanden, de grootte en constructie van de ramen, de zonwering, de luchtdoorlatendheid, de ligging in verband met de zonnestraling en de windrichting, de luchtverversing bij mechanische ventilatie, het verwarmingssysteem resp. de klimaatregelingsinstallatie, het niveau en de regeling van de ruimtetemperatuur.

WOONLAAG



Voor wat betreft de buitencondities zijn deze factoren: de buitentemperatuur, de windsnelheid in verband met de warmteoverdrachtscoëfficiënt aan de buitenoppervlakken, de luchtdrukverschillen in verband met de luchtdoorstroming en de ventilatieverliezen, de zonnestraling die op het dak en de buitenwanden valt, de zonnestraling die door de ramen binnenkomt. De waarden van de klimatologische grootheden worden ontleend aan de op een magneetband staande meteo-data van het KNMI te De Bilt, en worden bij de berekening rechtstreeks ingevoerd.

Van belang is dat de verschillende invloedsfactoren afzonderlijk kunnen worden gezien – en dat deze niet in het totaal verdwijnen – zodat nauwkeurig kan worden aangegeven welk effect de te overwegen maatregelen afzonderlijk op het energieverbruik hebben. Daar de buitencondities sterk in de tijd kunnen variëren, is het voor de analyse van het probleem eveneens van belang met de momentane (bijv. uurlijkse) waarden te kunnen werken. Het sterkst spreekt dit voor de invloed van de windsnelheid op de warmteoverdracht rondom het gebouw, en bij het, vaak aan sterke wisselingen onderhevige koudeverbruik in een kantoorgebouw met airconditioning. Bij de genoemde werkwijze beschikt men uiteraard eveneens over de waarde van het totale energieverbruik.

Bij de methode wordt gebruik gemaakt van een hybride computer. Het warmteoverdrachtsproces in de betreffende ruimte(n)

Fig. 2. De verschillen in warmteverbruik bij het in figuur 1 afgebeelde flatgebouw, gemiddeld per woonlaag en gemiddeld over vijf achtereenvolgende jaren.

wordt daarbij elektrisch gesimuleerd met behulp van een analoog model⁵. Aan het analoge model worden de gegeven resp. voorgeschreven condities, zoals de buitentemperatuur, de opvallende (op buitenwanden) en binnenvallende (door de ramen) zonnestraling, de gewenste kamertemperaturen etc., toegevoerd in de vorm van analoge elektrische spanningen en stromen. De door de verwarmings- of koelinstallatie toegevoerde, resp. onttrokken (voelbare) warmtestromen, die tezamen het (voelbare) energieverbruik vormen, kunnen rechtstreeks worden gemeten in de vorm van elektrische stromen. Daar bij het hier te beschouwen probleem de hoeveelheid van gegevens, die aan het model moeten worden toegevoerd, omvangrijk kan zijn, wordt voor dit onderdeel gebruik gemaakt van een digitale computer. Deze legt tevens de resultaten vast en verwerkt die zodanig. In figuur 3 is de methode schematisch weergegeven.

Als gebouweenheid is hier gekozen de in figuur 1 afgebeelde flatwoning. De indeling in vertrekken is vereenvoudigd tot de in de figuur geschetste. Als externe condities moeten aan het analoge model van deze woning worden toegevoerd (in analoge vorm): de op elk van de gevels vallende hoeveelheid zon-

(slot op pag. 302)

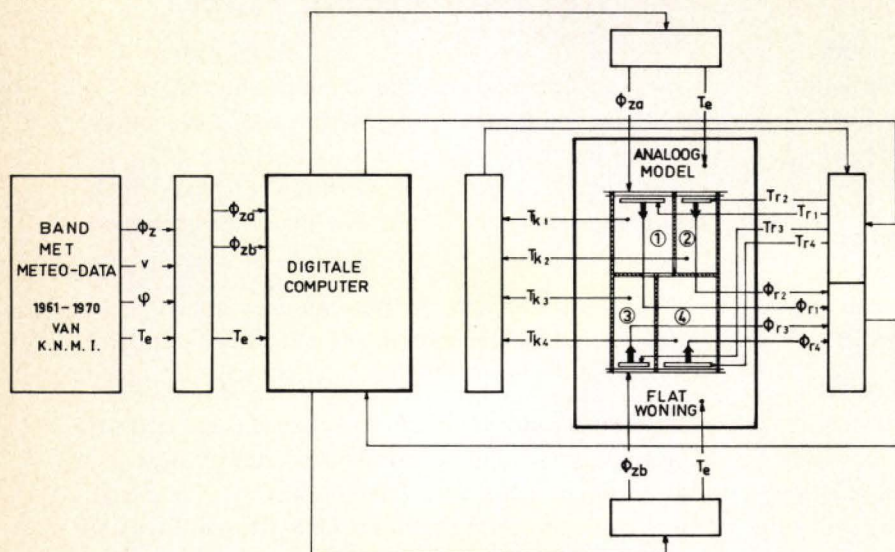


Fig. 3. Schematische weergave van de berekeningsmethode voor het bepalen van de invloed van de klimatologische factoren en van de gebouw-eigen-schappen op het energieverbruik.

Φ_z	de op het horizontale vlak vallende zonnestraling (totale globale straling).
Φ_{za}, Φ_{zb}	de op de betreffende gevels vallende zonnestraling.
$\Phi_{k1}, \Phi_{k2}, \Phi_{k3}, \Phi_{k4}$	de in de kamers benodigde hoeveelheden warmte.
T_e	de buitenluchttemperatuur.
$T_{k1}, T_{k2}, T_{k3}, T_{k4}$	de gemiddelde kamerluchttemperaturen.
$T_{r1}, T_{r2}, T_{r3}, T_{r4}$	de gemiddelde radiator-temperaturen.
v	de windsnelheid (grootte en richting).
φ	de relatieve vochtigheid van de buitenlucht.

nestraling (Φ_{za}, Φ_{zb}), de buitentemperatuur (T_e), desgewenst ook de windsnelheid (v) en het winddrukverschil over het gebouw, en voorts de vochtigheidsgraad van de buitenlucht (φ). Voorlopig werd dit samenstel van condities beperkt tot de grootheden Φ_{za}, Φ_{zb} en T_e . Als interne condities moeten worden toegevoerd de gemiddelde radiator-temperaturen ($T_{r1}, T_{r2}, T_{r3}, T_{r4}$) bij de eenmaal vastgelegde radiatorcapaciteiten. Deze radiator-temperaturen moeten op een zodanige waarde worden ingesteld dat in de kamers de gewenste temperaturen ($T_{k1}, T_{k2}, T_{k3}, T_{k4}$) ontstaan. Het niveau van de kamertemperaturen moet gekozen kunnen worden: in de kamers onafhankelijk van elkaar, en in elk van de kamers overdag en 's nachts verschillend. Zijn de genoemde condities ingesteld dan geven de radiatoren de vereiste hoeveelheden warmte af ($\Phi_{k1}, \Phi_{k2}, \Phi_{k3}, \Phi_{k4}$), waarna door sommatie van deze hoeveelheden het totale momentane energieverbruik volgt.

De besturing van het analoge model en de verwerking van de uitkomsten vindt plaats met behulp van de digitale computer, zoals in figuur 3 is geschetst. De verwerkingscapaciteit van de hier toegepaste computer is toereikend voor het doorrekenen van circa één jaar aan invoergegevens.

Over de uit te voeren berekeningen en over eventuele verdere toepassingen kan nog het volgende worden opgemerkt.

Met behulp van de bovenbesproken methode kan door berekening worden nagegaan in welke mate het warmte- en koudeverbruik in gebouwen is te beïnvloeden door de in aanmerking komende variabelen zoals: de beglazing (enkel, dubbel, oppervlakte), de warmteweerstand van de buitenwanden (extra laag isolatie), de luchtafdichting, het niveau van de kamertemperatuur (verschillende dag- en nachtwaarden), bij kantoor-gebouwen bovendien: de zonwering, de verlichting en het luchtbehandelingssysteem.

De methode leent zich eveneens voor berekeningen over het invangen, transporteren, opslaan en afgeven van zonnecijwarmte bij (voorlopig nog experimentele) gebouwen die uitgerust zijn met speciale voorzieningen voor het benutten van zonnecijwarmte.

De uitkomsten van de berekeningen over het energieverbruik zullen verder als basisgegevens kunnen dienen bij het kwantificeren van de momentane emissie van de verbrandingsgassen naar de atmosfeer.

4. Over de economische aspecten van de energiebesparende maatregelen

Bij het beoordelen van de maatregelen die het energieverbruik in gebouwen zullen verminderen, is een belangrijke (of overwegende) vraag welke kostenvermeerdering (of eventuele kostenvermindering) deze maatregelen

met zich kunnen brengen. Deze vraag is in vele gevallen niet eenvoudig te beantwoorden, voornamelijk vanwege de onzekerheid ten aanzien van de toekomstige energieprijzen. Behalve de grootte van de energiebesparing en de energieprijzen, spelen verder de kosten van de toe te passen nieuwe bouwconstructies en klimaatregelingssystemen mee, welke kosten weer mede bepaald worden door de mate van toepassing. Wellicht zullen de eerdergenoemde studies nadere gegevens over deze kostenaspecten opleveren. Pas als hierover bruikbare schattingen zijn te doen, zal bijv. ook een antwoord kunnen worden gegeven op de vraag of nieuwe woningtypen gericht op een aanmerkelijke vermindering van energieverbruik, duurder of niet duurder zijn dan de huidige gemiddelde Nederlandse woning met zijn relatief lage isolatiewaarde. Beschouwt men vervolgens de constructie van het gebouw en die van het verwarmings- of klimaatregelingssysteem in één geheel geïntegreerd, dan komen in de kostenvergelijking alle in aanmerking komende constructies, klimaatregelingssystemen en energiedragers (gas, olie, elektriciteit) in de meest rationele vorm naar voren.

In deze gedachtengang overwegen weliswaar de economische motieven (zoals vanouds), binnen de economisch acceptabel geachte marges kan de besparing aan energie niettemin beduidend zijn.

Literatuur

1. The Potential for Energy Conservation, U.S. Office of Emergency Preparedness (oktober 1972).
2. The U.S. Energy Problem, Vol. IIA, Appendix F, Residential Energy, Appendix G1, The Technical and Economic Status of Residential Heating and Cooling with Solar Energy, Intertechnology Corp. (november 1972).
3. International Congress The Sun in the Service of Mankind (Parijs, juli 1973), Section Sun, Energy and Housing.
4. 34e Vakantieleergang voor Warmtetechniek, CTI-TNO (1972).
5. P. Euser; Elektrische analogonmethoden en enige bouw-fysische toepassingen, 21e Vakantieleergang voor Warmtetechniek, CTI-TNO (1959) blz. 42.